

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Институт электронных и информационных систем
Кафедра прикладной математики и информатики



С.И. Эминов

2018 г.

СПЕКТРАЛЬНЫЙ И ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗ

Учебный модуль по направлению подготовки магистров
01.04.02 - Прикладная математика и информатика
(Профиль – Прикладной анализ данных)

Рабочая программа

СОГЛАСОВАНО

Начальник учебного отдела

О.Б.Широколобова

2018 г.

число месяц

Разработал

доцент кафедры ПМИ

Л.Е. Бритвина

подпись

2018 г.

число месяц

Принято на заседании кафедры ПМИ

Протокол № 10 от 28.06.2018 г.

Заведующий кафедрой

А.В. Колногоров

подпись

2018 г.

число месяц

1 Цели и задачи учебного модуля

Преподавание учебного модуля (УМ) «Спектральный и вейвлет-анализ» ставит своей целью формирование в рамках компетентностного подхода системы знаний по Фурье- и вейвлет-анализу сигналов различной природы, умений и навыков решения задач методами, используемыми в рассматриваемых разделах прикладной математики.

Для достижения указанной цели решаются следующие задачи:

- формирование у студентов системы теоретических знаний в области применения спектрального (гармонического или Фурье-) и вейвлет-анализа;
- овладение студентами основными понятиями и теоретическими фактами изучаемого материала;
- формирование у обучающихся умений прикладного характера, на которых базируется решение заданий и кейсов курса;
- актуализация способности студентов использовать полученные знания при анализе, синтезе и цифровой обработке сигналов различной природы;
- стимулирование студентов к самостоятельной деятельности по освоению дисциплины и формированию необходимых компетенций;
- организация среды для эффективного изучения основных понятий и применяемых методов.

2 Место учебного модуля в структуре ООП направления подготовки

УМ «Спектральный и вейвлет-анализ» относится к вариативной части ФГОС ВО и ОП по направлению подготовки 01.04.02 – «Прикладная математика и информатика», изучается во втором семестре магистерской программы и базируется на знаниях по математическому и функциональному анализу, теории функций вещественных и комплексных переменных, на знаниях основ математического моделирования и программирования.

Знания основ спектрального (гармонического, Фурье-) и вейвлет-анализа, полученные при изучении УМ, используются при анализе, синтезе и цифровой обработке сигналов различной природы, включая обработку изображений и аудиосигналов.

УМ обеспечивает профессиональную подготовку магистров и может использоваться при написании выпускной квалификационной работы.

3 Требования к результатам освоения учебного модуля

Процесс изучения УМ направлен на формирование следующих компетенций:

1. способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе, в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять своё научное мировоззрение (ОПК-3);
2. способность разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач научной и проектно-технологической деятельности (ПК-3);

В результате освоения УМ студент должен знать, уметь и владеть:

Компетенция	Уровень освоения компетенции	Знать	Уметь	Владеть
ОПК-3	базовый	основные информационные ресурсы, включая сайты разработчиков ПО, позволяющие	использовать современные информационные технологии для поиска новых знаний и умений в	современными методами поиска информации для получения теоретических и практических знаний в

Компетенция	Уровень освоения компетенции	Знать	Уметь	Владеть
		приобретать новые знания и умения в области спектрального и вейвлет-анализа, современных подходов к их реализации с помощью программного обеспечения.	области спектрального и вейвлет-анализа, в том числе для решения практических и научных проблем, включая, ЦОС различной природы.	области спектрального и вейвлет-анализа.
ПК-3	базовый	программное обеспечение и математические методы (гармонический и вейвлет-анализ), позволяющие решать прикладные задачи ЦОС, возникающие в научной и проектно-технологической деятельности	применять программное обеспечение и математические методы (гармонический и вейвлет-анализ) для решения прикладных задач ЦОС, возникающих в научной и проектно-технологической деятельности	прикладным ПО и математическими методами (гармонический и вейвлет-анализ) для решения прикладных задач ЦОС, возникающих в научной и проектно-технологической деятельности

4 Структура и содержание учебного модуля

4.1 Трудоемкость учебного модуля

Учебная работа (УР)	Всего	Распределение по семестрам	Коды формируемых компетенций
		2	
Трудоемкость модуля в зачетных единицах (ЗЕТ)	6	6	
Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ):			
- лекции	9	9	ОПК-3 ПК-3
- практические занятия (семинары), в том числе	36	36	
<i>аудиторная СРС</i>	9	9	
- внеаудиторная СРС	135	135	
Аттестация:			
- экзамен	36	36	

4.2 Содержание и структура разделов учебного модуля

Основные дидактические единицы (разделы):

УЭМ1. Основы спектрального анализа. ДПФ

Введение в курс. Основные определения.

Дискретные и непрерывные сигналы. Теорема Котельникова. Наложение спектров (алиасинг). Общие принципы и методы анализа, синтеза и цифровой обработки сигналов (ЦОС).

Преобразование Фурье и его свойства. Представление периодических сигналов и тригонометрический ряд Фурье. Ряд Фурье в комплексной форме. Спектр периодических сигналов. Некоторые свойства разложения периодических сигналов в ряд Фурье: свойство линейности, свойство циклического временного сдвига, спектр циклической свертки сигналов, спектр произведения сигналов, симметрия спектра вещественного сигнала, свойство частотного сдвига, равенство Парсеваля. Спектр периодической

последовательности прямоугольных импульсов и его свойства. Пример спектра периодической последовательности прямоугольных импульсов. Спектр смещенной во времени периодической последовательности прямоугольных импульсов.

Дискретное Преобразование Фурье (ДПФ). Дискретизация сигнала по времени. Дискретно-временное преобразование Фурье. Обратное дискретное преобразование Фурье. Свойства дискретного преобразования Фурье. Линейность ДПФ. ДПФ сигнала с циклическим временным сдвигом. ДПФ циклической свертки сигналов. ДПФ произведения двух сигналов. Свойство циклического частотного сдвига ДПФ. Симметрия ДПФ вещественного сигнала. Частотная инверсия спектра вещественного сигнала для четного N . Нулевой отсчет ДПФ. Свойство двойственности (дуальности).

Спектральный анализ ограниченных во времени сигналов. Эффект растекания спектра. Иллюстрация эффекта растекания спектра. Анализ эффекта растекания спектра в частотной области. Анализ эффекта растекания спектра во временной области. Негативное влияние эффекта растекания спектра в цифровом спектральном анализе.

УЭМ2. БПФ. Вейвлет-анализ

Методы расчета дискретного преобразования Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Принцип построения алгоритмов БПФ. Обратное быстрое преобразование Фурье. Алгоритм БПФ по основанию два с прореживанием по времени. Алгоритм БПФ по основанию два с прореживанием по частоте. Эффективность алгоритмов БПФ по основанию два. Алгоритм Гёрцеля.

Применение спектрального анализа. Спектры изображений и обработка изображений. Спектрограмма звука. Сонограмма.

Оконное преобразование Фурье. Частотно-временное оконное преобразование. Функции оконного спектрального анализа. Принцип вейвлет-преобразования. Вейвлетный спектр. Основы вейвлет-преобразования. Непрерывное вейвлет-преобразование. Понятие масштаба ВП. Процедура преобразования. Обратное преобразование. Дискретное вейвлет-преобразование. Частотно-временная локализация вейвлет-анализа. Образное представление преобразования. Достоинства и недостатки вейвлетных преобразований. Практическое использование.

Календарный план, наименование разделов учебного модуля с указанием трудоемкости по видам учебной работы представлены в технологической карте учебного модуля (приложение Б).

4.3 Организация изучения учебного модуля

Методические рекомендации по организации изучения УМ с учетом использования в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения учебных занятий даются в Приложении А.

5 Контроль и оценка качества освоения учебного модуля

Контроль качества освоения студентами УМ и его составляющих осуществляется непрерывно в течение всего периода обучения с использованием балльно-рейтинговой системы (БРС), являющейся обязательной к использованию всеми структурными подразделениями университета.

Для оценки качества освоения модуля используются формы контроля: текущий – регулярно в течение всего семестра и семестровый – по окончании изучения УМ.

Экзамен по модулю выставляется по результатам изучения УМ во втором семестре. Минимальное количество баллов, необходимых для итоговой аттестации по УМ, – 180. Максимальное количество баллов – 300.

Оценка качества освоения модуля осуществляется с использованием фонда оценочных средств, разработанного для данного модуля, по всем формам контроля в соответствии с положением от 25.06.2013 «О фонде оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов и итоговой аттестации».

Содержание видов контроля и их график отражены в технологической карте учебного модуля (Приложение Б).

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение

Учебно-методическое и информационное обеспечение УМ представлено Картой учебно-методического обеспечения (Приложение В).

7 Материально-техническое обеспечение учебного модуля

Для осуществления образовательного процесса по модулю используется аудитория, оборудованная мультимедийными средствами (экран или интерактивная доска и проектор) и ПК для преподавателя и студентов.

Приложения (обязательные):

А – Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля

Б – Технологическая карта

В – Карта учебно-методического обеспечения УМ

Г – Лист внесения изменений

Приложение А (обязательное)

Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля «Спектральный и вейвлет-анализ»

Учебный модуль (УМ) «Спектральный и вейвлет-анализ» предполагает изучение основных дидактических единиц, указанных в пункте 4.2 рабочей программы, которые в свою очередь разделены на несколько тем (далее разделы), по которым предусмотрены лекционные и практические занятия.

Первая тема (в рамках УЭМ1) предусматривает введение обучающихся в предмет УМ, их знакомство с общими сведениями о Фурье- и вейвлет-анализе, с приложениями указанных методов (практическая направленность курса). Кроме этого, в вводной лекции студентам рассказывается о построении УМ, формулируются задачи изучения УМ на лекциях, практических занятиях и самостоятельной работе.

Первый раздел (УЭМ1) посвящен изучению основ спектрального анализа. Аудиторная и внеаудиторная работы посвящены знакомству с общими принципами цифровой обработки сигналов различной природы, построению математических моделей сигналов, анализу периодических и дискретных сигналов. Особое внимание уделяется дискретизации сигналов и дискретному преобразованию Фурье. Материал рассматривается на практических примерах с использованием моделирования с помощью математических пакетов.

УЭМ2 посвящен изучению принципов построения алгоритмов быстрого преобразования Фурье, рассмотрению их реализации, особое внимание уделяется практическому использованию материала курса. Во второй части УЭМ2 студенты знакомятся с принципами вейвлет-анализа и его приложениями.

В таблице А.1 отражены разделы модуля, технологии и формы проведения занятий, задания по самостоятельной работе студента и ссылки на дополнительную литературу. Содержание и структура разделов представлена в п. 4.2 рабочей программы УМ.

А.1 Методические рекомендации по теоретической части учебного модуля

Теоретическая часть модуля направлена на формирование системы знаний об основных понятиях и принципах спектрального и вейвлет-анализа, алгоритмах реализации указанных методов, основных приложениях. Основное содержание теоретической части излагается преподавателем на лекционных занятиях и в курсе дистанционного обучения, а также усваивается студентом при знакомстве с дополнительной литературой, которая предназначена для более глубокого овладения знаниями основных дидактических единиц соответствующего раздела и указана в таблице А.1. Основная литература для изучения УМ указана в Приложении Г к рабочей программе.

А.2 Методические рекомендации по практическим занятиям

Цель практических занятий – формирование у студентов навыков применения алгоритмов Фурье- и вейвлет-анализа для анализа и цифровой обработки сигналов различной природы, овладение данными методами прикладной математики.

Практические занятия включают в себя аудиторное время

- предназначенное для объяснения принципов моделирования и рассмотрения типовых примеров преподавателем у доски;
- самостоятельное моделирование студентами;
- разбор типовых ошибок при моделировании или подведение итогов в конце текущего занятия.

Темы практических занятий, УЭМ1:

- ПЗ-1 – исследование периодических и непериодических сигналов, построение графиков сигналов;
- ПЗ-2 – нахождение спектра прямоугольного импульса, спектра периодической последовательности прямоугольных импульсов (тригонометрический и комплексный базис); построение графиков рассмотренных сигналов и их амплитудных и фазовых спектров;
- ПЗ-3 – консультации по выполнению индивидуального задания №1 по УЭМ1 и подготовка презентации результатов ИЗ-1;
- ПЗ-4 – дискретизация и восстановление сигналов, исследование причин искажения сигнала при восстановлении; практическое использование положений теоремы Котельникова; графическое изображение дискретного сигнала;
- ПЗ-5 – изучение особенностей применения и свойств ДПФ, изучение команд, осуществляющих прямое и обратное ДПФ¹;
- ПЗ-6 – нахождение по заданным входным сигналам (базовые сигналы), заданной чистоте дискретизации и заданному количеству отсчетов дискретного спектра, анализ полученных результатов, исследование как меняется спектр при изменении частоты дискретизации и при изменении исходного сигнала, построение графиков;
- ПЗ-7 – консультации по выполнению индивидуального задания №2 по УЭМ1 и подготовка презентации результатов ИЗ-2;
- ПЗ-8 – получение дискретных отсчетов реального аудиосигнала или сигнала другой природы, нахождение дискретного спектра, его исследование, нахождение обратного ДПФ и его сравнение с исходным сигналом;
- ПЗ-9 – исследование дискретных сигналов и их спектров, анализ результатов и их графическое представление;

Темы практических занятий, УЭМ2:

- ПЗ-1 – изучение методов расчета ДПФ, принципов построения алгоритмов БПФ;
- ПЗ-2 – нахождение прямого и обратного БПФ заданного (базового) сигнала программными средствами;
- ПЗ-3 – нахождение прямого и обратного БПФ выбранного сигнала программными средствами;
- ПЗ-4 – нахождение прямого и обратного БПФ выбранного сигнала программными средствами, используя другой алгоритм БПФ
- ПЗ-5 – консультации по выполнению индивидуального задания по УЭМ2;
- ПЗ-6 – доклады и презентации по результатам выполнения индивидуального задания по УЭМ2;
- ПЗ-7 – вейвлет-анализ заданных сигналов на основе заданного материнского вейвлета;
- ПЗ-8 – анализ результатов моделирования, полученных при выполнении ПЗ-7 и ДЗ-7;
- ПЗ-9 – подведение итогов и рефлексия результатов по итогам УЭМ1 и УЭМ2.

¹ Выбор программы (математического пакета) осуществляется, исходя из оснащения ПО компьютеров учебной аудитории, предпочтения отдаются MatLab или GNU Octave.

А.3 Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

Методические рекомендации по СРС состоят из текстов заданий по моделированию, выполняемых в рамках аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы, в том числе, в курсе дистанционного обучения.

Таблица А.1 – Организация изучения учебного модуля «Спектральный и вейвлет-анализ»

Номер и наименование УЭМ	Технология и форма проведения занятий, СРС	Задания на СРС	Дополнительная литература и Интернет-ресурсы [†]
УЭМ1 Основы спектрального анализа. ДПФ	- вводная лекция, - информационная лекция, - обзорно-проблемная лекция, - решение задач, - моделирование, - работа в малых группах, - работа с источниками по темам УМ, - обсуждением результатов, - выполнение индивидуальных заданий.	- используя основную, дополнительную литературу и Интернет-ресурсы, изучить основные дидактические единицы раздела (внеауд. СРС), - решить типовые задачи и упражнения по теме (ауд. и внеауд. СРС), - выполнить индивидуальное задание (внеауд. СРС)	[7] Петько В.И. Цифровая фильтрация и обработка сигналов : учеб. пособие для студентов мат. и физ. спец. ун-тов. - Минск : Універсітэцкае, 1995. - 166,[2]с. - Лит.:с.168. - ISBN 5-7855-0737-4 : 1200р. [8] Айфичер Эммануил. Цифровая обработка сигналов = Digital signal processing : практ. подход / Пер.с англ.:И.Ю.Дорошенко и др. - 2-е изд. - М. : Вильямс, 2004. - 989с. : ил. - Библиогр.: с. 984-986. - Указ.: с. 987-989. - На обл.:Prentice hall. - ISBN 5-8459-0710-1 : 694.00. - ISBN 0-201-59619-9(в пер.). [9] Бэйкер Бонни. Что нужно знать цифровому разработчику об аналоговой электронике = A Baker's Dozen Real Analog Solutions for Digital Designers / Бонни Бэйкер ; пер. с англ. Ю. С. Магды. - М. : Додэка-XXI, 2010. - 359, [1] с. : ил. - (Схемотехника). - Библиогр. в конце гл. - Прил.: с. 342-354. - ISBN 978-5-94120-170-9. - ISBN 0-7506-7819-4 : 364.00. [10] Функциональный анализ : учеб.-метод. пособие. Ч. 3 : Гильбертовы пространства. Теория и задачи с решениями / сост. С. И. Эминов ; Новгород. гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. - Великий Новгород, 2009. - 56 с. - Библиогр.: с. 56. - Б. ц. - 10.00, 100 экз. https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-337 [11] Воробьев Н. Н. Теория рядов. - 6-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2002. - 407,[1]с. - (Учебники для вузов, Специальная

[†] Основная литература (учебные и учебно-методические издания, Интернет-ресурсы) указана в Карте учебно-методического обеспечения (Приложение Г).

Номер и наименование УЭМ	Технология и форма проведения занятий, СРС	Задания на СРС	Дополнительная литература и Интернет-ресурсы [†]
			литература). - Указ.: с. 408. - ISBN 5-8114-0446-8 : (в пер.) : 70.84. [12] Черняев А.П. Ряды Фурье. Интегралы, зависящие от параметра, и обобщенные функции : Курс лекций. - М. : МЗ-Пресс, 2004. - 147,[1]с. : ил. - (Естественные науки. Математика. Информатика). - Библиогр.:с.148. - ISBN 5-94073-064-7 : 109.00. [13] Stein Elias M. Harmonic analysis: real-variable methods, orthogonality, and oscillatory integrals. - Princeton : Princeton University Press, 1993. - XIII,695p. - (Princeton Mathematical Series. 43). - Библиогр.: с.645-678. - Author index:p.679-683,subject index:p.685-695. - ISBN 0-691-03216-5(в пер.) : 1500.00. [14] Основы цифровой обработки сигналов : Курс лекций. - СПб. : БХВ-Петербург, 2003. - 594с. : ил. - (Учебное пособие). - Библиогр.: с. 585-588. - Указ.: с. 589-594. - ISBN 5-94157-388-X(в пер.) : 274.00. - 265.00. [15] Быстров Н. Е. Радиотехнические цепи и сигналы : учеб. пособие. Ч. 1 : Радиотехнические сигналы / Н. Е. Быстров, И. Н. Жукова ; Новгород. гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. - Великий Новгород, 2016. - 129, [1] с. : ил. - Библиогр.: с. 129. - 96.00, 300 экз. https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-3067

Номер и наименование УЭМ	Технология и форма проведения занятий, СРС	Задания на СРС	Дополнительная литература и Интернет-ресурсы [†]
УЭМ2 БПФ. Вейвлет-анализ	- вводная лекция, - информационная лекция, - обзорно-проблемная лекция, - решение задач, - моделирование, - работа в малых группах, - работа с источниками по темам УМ, - обсуждением результатов, - выполнение индивидуальных заданий.	- используя основную, дополнительную литературу и Интернет-ресурсы, изучить основные дидактические единицы раздела (внеауд. СРС), - решить типовые задачи и упражнения по теме (ауд. и внеауд. СРС), - выполнить индивидуальное задание (внеауд. СРС)	[16] Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике. - М. : Солон-Р, 2002. - 440с. : ил. - (ПроПК). - Библиогр.:с.428-429. - ISBN 5-93455-150-7 : 186.00. [17] Новейшие методы обработки изображений / Под общ. ред. А.А.Потапова. - М. : Физматлит, 2008. - 496с.,[12]л.ил. : ил. - Библиогр.:с.468-486. - ISBN 978-5-9221-0841-6(в пер.) : 255.00. [18] Фрейзер Майкл. Введение в вэйвлеты в свете линейной алгебры = An Introduction to wavelets through linear algebra : учеб. пособие для вузов / Пер.с англ.Я.М.Жилейкина. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. - 487с. : ил. - Библиогр.: с. 468-474. - Указ.: с. 475-487. - На обл.:Математика. - ISBN 978-5-94774-557-3 : 218.79. - ISBN 0-387-98639-1(в пер.) : 228.00. [19] Столниц Э. Вейвлеты в компьютерной графике = Wavelets for Computer Graphics : теория и прил. / Пер.с англ.Л.А.Кунгуровой;Под ред.Е.В.Мищенко. - М.;Ижевск : R&C Dinamics. РХД, 2002. - 271с. : ил. - (Современная математика). - Библиогр.: с. 247-257. - Указ.: с. 258-271. - ISBN 5-93972-119-2(в пер.) : 58.00. [20] Штарк Ганс-Георг. Применение вейвлетов для ЦОС / Пер.с англ.Н.И.Смирновой под ред.А.Г.Кюркчана. - М. : Техносфера, 2007. - 183с. : ил. - (Мир цифровой обработки). - Библиогр.: с. 177-179. - Прил.: с. 154-176. - Указ.: с. 18-181. - На кор.: XI.05. - ISBN 978-5-94836-108-6 : 134.64. - ISBN 3-540-23433-0 : 158.00. - 177.00. [21] Умняшкин С.В. Теоретические основы цифровой обработки и представления сигналов : учеб. пособие для вузов. - М. : Форум-Инфра-М, 2008. - 301,[1]с. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр.:с.301-302. - ISBN 978-5-8199-0357-5 : 251.10. - ISBN 978-5-16-003277-1(в пер.).

4.3.1 Задания для аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы студентов, УЭМ1:

ДЗ-1 – исследование заданных периодических и непериодических сигналов, построение графиков;

ДЗ-2 – определение спектра экспоненциального импульса и периодической последовательности экспоненциальных импульсов; определение ширины спектра; построение графиков рассмотренных сигналов и их амплитудных и фазовых спектров.

ИЗ-1 – определение спектра заданного импульса и периодической последовательности импульсов; исследование спектров; построение графиков рассмотренных сигналов и их амплитудных и фазовых спектров.

СРС-1 – выполнение индивидуального задания №1 по УЭМ1 и подготовка презентации результатов ИЗ-1;

ДЗ-3 – выполнение индивидуального задания №1 по УЭМ1, подготовка презентации результатов;

ДЗ-4 – подготовка результатов индивидуального задания №1 по УЭМ1 для защиты;

ДЗ-5 – дискретизация и восстановление заданных сигналов, исследование причин искажения сигнала при восстановлении; графическое изображение заданных дискретных сигналов;

ДЗ-6 – исследование дискретных спектров заданных входных сигналов;

ИЗ-2 – нахождение по заданным входным сигналам, заданной чистоте дискретизации и заданному количеству отсчетов дискретного спектра, анализ полученных результатов, исследование как меняется спектр при изменении частоты дискретизации и при изменении исходного сигнала, построение графиков;

СРС-2 – выполнение индивидуального задания №2 по УЭМ1 и подготовка презентации результатов ИЗ-2;

ДЗ-7 – выполнение индивидуального задания №2 по УЭМ1, подготовка презентации результатов

ДЗ-8 – подготовка результатов индивидуального задания №2 по УЭМ1 для защиты;

ДЗ-9 – подведение итогов и рефлексия результатов по итогам УЭМ1.

4.3.2 Задания для аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы студентов, УЭМ2:

ДЗ-1 – формирование массива отсчетных значений заданного (базового) сигнала;

ДЗ-2 – анализ и рефлексия результатов ПЗ-2; выбор аудиосигнала сигнала или сигнала другой природы для последующего анализа и обработки, формирование массива отсчетных значений данного сигнала;

ДЗ-3 – анализ и рефлексия результатов ПЗ-3;

ДЗ-4 – анализ и рефлексия результатов ПЗ-4, сравнение результатов применения двух алгоритмов;

ИЗ-1 – рассмотрение практического применения БПФ с примером реализации, подготовка доклада и презентации;

СРС-1 – выполнение индивидуального задания по УЭМ2;

ДЗ-5 – выполнение индивидуального задания по УЭМ2

СРС-2 – подготовка доклада и презентации по результатам выполнения индивидуального задания по УЭМ2;

ДЗ-6 – исследование материнских вейвлетов, построение графиков;

ДЗ-7 – вейвлет- анализ заданных сигналов на основе заданного материнского вейвлета;

ДЗ-8 – проведение вейвлет-анализа заданного сигнала при другом выборе материнского вейвлета;

ДЗ-9 – подведение итогов и рефлексия результатов по итогам УЭМ1 и УЭМ2.

4.3.3 Индивидуальное задание № 1 по УЭМ1, тема «Спектр периодических и непериодических сигналов»

Индивидуальное задание содержит 8 обязательных заданий:

1. Ознакомиться с целями, задачами и содержанием индивидуальной работы.
2. Изучить теоретические сведения к работе.
3. Исследовать исходный импульс, построить его график.
4. Найти амплитудный и фазный спектры сигнала, исследовать их, построить графики.
5. Исследовать, как меняются спектры при изменениях исходного импульса.
6. Построить на основе исходного импульса периодическую последовательность импульсов.

7. Найти амплитудный и фазный спектры периодического сигнала, исследовать их, построить графики.

8. Исследовать, как меняются спектры при изменениях периода исходного сигнала.

А.3.4 Индивидуальное задание № 2 по УЭМ1, тема «Спектр дискретных сигналов»

Индивидуальное задание содержит 8 обязательных заданий:

1. Ознакомиться с целями, задачами и содержанием индивидуальной работы.
2. Изучить теоретические сведения к работе.
3. Исследовать исходный сигнал, выбрать интервал дискретизации сигнала, определить число отсчетов; найти спектр дискретизированного сигнала.
4. Сделать графическое представление полученного спектра и его исследование.
5. Найти обратное ДПФ и сравнить с исходным сигналом. Проанализировать полученный результат.
6. Исследовать, как меняется спектр при изменениях частоты дискретизации.
7. Внести в исходный сигнал фазовое запаздывание и исследовать изменения дискретного спектра.
8. Подготовить презентацию полученных результатов.

А.3.5 Индивидуальное задание по УЭМ2, темы «Быстрое преобразование Фурье и его применения»

Индивидуальное задание предполагает написание реферата и подготовку презентации:

1. Ознакомиться с целями, задачами и содержанием индивидуальной работы.
2. Подобрать теоретический материал к работе (по согласованной с преподавателем теме).
3. Разобрать практический пример по выбранной теме.
4. Подготовить реферат и презентацию по выбранному материалу.

А.3.7 Списки примерных контрольных вопросов для проверки теоретических знаний УЭМ1

1. Виды сигналов. Дискретные и непрерывные сигналы. Теорема Котельникова. Наложение спектров (алиасинг).
2. Виды сигналов. Общие принципы и методы анализа, синтеза и цифровой обработки сигналов (ЦОС).
3. Преобразование Фурье и его свойства.
4. Представление периодических сигналов и тригонометрический ряд Фурье. Ряд Фурье в комплексной форме.
5. Спектр периодических сигналов. Некоторые свойства разложения периодических сигналов в ряд Фурье: свойство линейности, свойство циклического временного сдвига, спектр циклической свертки сигналов, спектр произведения сигналов, симметрия спектра вещественного сигнала, свойство частотного сдвига, равенство Парсеваля.
6. Спектр периодической последовательности прямоугольных импульсов и его свойства. Пример спектра периодической последовательности прямоугольных импульсов. Спектр смещенной во времени периодической последовательности прямоугольных импульсов.

7. Дискретизация сигнала по времени. Дискретно-временное преобразование Фурье. Обратное дискретное преобразование Фурье.
8. Свойства дискретного преобразования Фурье. Линейность ДПФ. ДПФ сигнала с циклическим временным сдвигом. ДПФ циклической свертки сигналов. ДПФ произведения двух сигналов. Свойство циклического частотного сдвига ДПФ. Симметрия ДПФ вещественного сигнала. Частотная инверсия спектра вещественного сигнала для четного N . Нулевой отсчет ДПФ. Свойство двойственности (дуальности).
9. Спектральный анализ ограниченных во времени сигналов. Эффект растекания спектра. Иллюстрация эффекта растекания спектра. Анализ эффекта растекания спектра в частотной области. Анализ эффекта растекания спектра во временной области. Негативное влияние эффекта растекания спектра в цифровом спектральном анализе.

УЭМ2

1. Методы расчета дискретного преобразования Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Принцип построения алгоритмов БПФ. Обратное быстрое преобразование Фурье.
2. Алгоритмы БПФ по основанию два. Эффективность алгоритмов БПФ по основанию два.
3. Алгоритм Гёрцеля.
4. Применение спектрального анализа. Спектры изображений и обработка изображений.
5. Применение спектрального анализа. Спектрограмма звука. Сонограмма.
6. Оконное преобразование Фурье. Частотно-временное оконное преобразование. Функции оконного спектрального анализа.
7. Принцип вейвлет-преобразования. Вейвлетный спектр. Основы вейвлет-преобразования. Непрерывное вейвлет-преобразование. Понятие масштаба ВП. Процедура преобразования. Обратное преобразование.
8. Дискретное вейвлет-преобразование. Частотно-временная локализация вейвлет-анализа. Образное представление преобразования.
9. Достоинства и недостатки вейвлетных преобразований. Практическое использование.

Пример экзаменационного билета

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого

Кафедра прикладной математики и информатики

Экзаменационный билет № 1

Учебный модуль «Спектральный и вейвлет-анализ»

Для направления подготовки магистров 01.04.02 – «Прикладная математика и информатика»

1. Виды сигналов. Дискретные и непрерывные сигналы. Теорема Котельникова. Наложение спектров (алиасинг).
2. Алгоритм Гёрцеля.

УТВЕРЖДАЮ

Зав.кафедрой КПМИ

А.В. Колногоров

Приложение Б
(обязательное)

Технологическая карта
учебного модуля «Спектральный и вейвлет-анализ»
семестр – 2, ЗЕТ – 6, вид аттестации – ЭКЗ, акад.часов – 216, баллов рейтинга – 300

№ и наименование раздела учебного модуля, КП/КР	№ неде- ли сем.	Трудоемкость, ак.час					Форма текущего контроля успев. (в соотв. с паспортом ФОС)	Максим. кол-во баллов рейтинга	
		Аудиторные занятия				СРС			
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	АСРС				
УЭМ1 Основы спектрального анализа. ДПФ	1-9	5	22	-	4	81	работа с литературой и интернет-источниками	10	
							работа в малых группах	25	
							индивидуальные задания	90	
Рубежный контроль	9	не менее 63 баллов из 125							
УЭМ2 БПФ. Вейвлет-анализ	10-18	4	14	-	5	90	работа с литературой и интернет-источниками	30	
							работа в малых группах	50	
							индивидуальные задания	45	
Семестровый контроль	18	не менее 180 баллов из 300							
Сессия		экзамен							50
Итого:		9	36	-	9	171		300	

Критерии оценки качества освоения студентами дисциплины

(в соответствии с Положением «Об организации учебного процесса по основным образовательным программам высшего профессионального образования» от 27.09.2011г. № 32):

- удовлетворительно – 180 – 209 баллов
- хорошо – 210 – 269 баллов
- отлично – 270 – 300 баллов

Приложение В (обязательное)

Карта учебно-методического обеспечения

Учебного модуля «Спектральный и вейвлет-анализ»

Направление (специальность): 01.04.02 - Прикладная математика и информатика

Формы обучения: очная

Курс – 5 Семестры – 2

Часов: всего – 216, лекций – 9, практ. зан. – 36; внеаудиторная СРС – 171,

в том числе, экзамен – 36

Обеспечивающая кафедра: Прикладной математики и информатики

Таблица 1- Обеспечение учебного модуля учебными изданиями

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Учебники и учебные пособия		
[1] Гадзиковский В. И. Теоретические основы цифровой обработки сигналов. - М. : Радио и связь, 2004. - 343с. : ил. - (Цифровая обработка сигналов). - Библиогр.:с.338-339. - ISBN 5-256-01716-0 : 232.50.	20	нет
[2] Блаттер К. Вейвлет-анализ. Основы теории : учеб. пособие / Пер.с нем.Т.Э.Кренкеля под ред.А.Г.Кюркчана. - М. : Техносфера, 2006. - 271с. : ил. - (Мир математики.Цифровая обработка сигналов). - Библиогр.: с. 233-235. - Прил.: с. 237-271. - На кор.: I.04. - ISBN 5-94836-033-4 : 134.64. - ISBN 1-56881-095-4 : 99.00. - ISBN 978-5-94836-033-1.	12	нет
[3] Меркушева А.В. Разработка методов и средств применения вейвлет преобразования в информационных системах. – [Электронный ресурс] – СПб, 2002. 198 с. – Режим доступа: https://xn--90ax2c.xn--p1ai/catalog/000199_000009_002315401/	-	ЭБС «НЭБ»
Учебно-методические издания		
[4] Спектральный и вейвлет-анализ; Рабочая программа учебного модуля по направлению подготовки 01.04.02 - Прикладная математика и информатика / Сост. Л.Е.Бритвина; НовГУ. – Великий Новгород, 2018. - 17 с.	-	-
[5] Дискретное преобразование Фурье : лаб. работа / сост. Б. Ф. Кириянов ; Новгород. политехн. ин-т, Каф. высш. математики. - Новгород, 1993. - 19 с. - Б. ц., 200 экз. https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-3172	1	«Электронный читальный зал-БиблиоТех»
[6] Яковлев А.Н. Основы вейвлет-преобразования сигналов : учеб. пособие для студентов вузов / Учеб.-метод.об-ние по образованию в обл.радиотехники,электроники,биомед.техники и автоматизации. - М. : САЙНС-ПРЕСС, 2003. - 79с. : ил. - (Конспекты лекций по радиотехническим дисциплинам. Вып.10). - Библиогр.:с.77-79. - На обл.:Направление:Радиотехника. - ISBN 5-94818-013-1 : 87.90. - 82.80.	5	нет

Таблица 2 – Информационное обеспечение учебного модуля

Название программного продукта, интернет-ресурса	Электронный адрес	Примечание
Курс ДО «Спектральный и вейвлет-анализ»	http://do.novsu.ru	
Вычислительная система	http://www.wolframalpha.com	бесплатно
Приложение «GNU Octave»	http://www.gnu.org/software/octave/	бесплатно
Сообщество пользователей MatLab и Simulink	http://matlab.exponenta.ru	
Научно-технический журнал "Цифровая обработка сигналов"	http://www.dsps.ru	
Journal of Fourier Analysis and Applications	https://www.springer.com/mathematics/analysis/journal/41	

Таблица 3 – Дополнительная литература

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол.стр.)	Кол.экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
[8] Гадзиковский В.И. Цифровая обработка сигналов. учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 210400 - Радиотехника в УрФО — [Электронный ресурс] – СОЛОН-Пресс, 2013 — 765 с. — Режим доступа: https://xn--90ax2c.xn--p1ai/catalog/000199_000009_007564287/		ЭБС «НЭБ»

СОГЛАСОВАНО

НБ НовГУ:

должность

подпись

расшифровка

Приложение Г
Лист внесения изменений

Номер изменения	Номер и дата распорядительного документа о внесении изменения	Дата внесения изменения	Ф.И.О. лица, внесшего изменение	Подпись